LA DISPOSITION HISTOLOGIQUE DU PIGMENT DANS LES YEUX DES ARTHROPODES SOUS L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE DIRECTE ET DE L'OBSCURITÉ COMPLÈTE

PAR

Mlle Micheline STEFANOWSKA

MÉMOIRE COURONNÉ DU PRIX DAVY PAR L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE

GENÈVE
IMPRIMERIE CHARLES SCHUCHARDT
1889

LA

DISPOSITION HISTOLOGIQUE DU PIGMENT

DANS LES YEUX DES ARTHROPODES

SOUS L'INFLUENCE

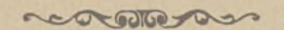
DE LA LUMIÈRE DIRECTE

ET DE L'OBSCURITÉ COMPLÈTE

PAR

Mlle Micheline STEFANOWSKA

MÉMOIRE COURONNÉ DU PRIX DAVY PAR L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE



GENÈVE

IMPRIMERIE CHARLES SCHUCHARDT

1889

La Faculté des Sciences autorise l'impression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Le doyen de la Faculté,

G. OLTRAMARE.

A MON MAITRE VÉNÉRÉ

M. le Dr HERMANN FOL

ANCIEN PROFESSEUR DE MORPHOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Hommage de reconnaissance.

LA

DISPOSITION HISTOLOGIQUE DU PIGMENT

DANS LES YEUX DES ARTHROPODES

SOUS L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE DIRECTE ET DE L'OBSCURITÉ COMPLÈTE

PAR

M[lle] MICHELINE STEFANOWSKA

Avec les planches VIII et IX

Mémoire couronné du prix Davy par l'Université de Genève.

I. INTRODUCTION

La lumière produit des changements physiologiques sur la rétine de l'œil. BOLL a constaté d'abord les changements de position des granulations colorées dans l'épithélium pigmentaire; puis un nouveau groupe de phénomènes appartenant à cette catégorie a été découvert par Th. W. ENGELMANN d'Utrecht. Il communiqua les résultats de ses recherches à l'Assemblée générale du huitième Congrès international des sciences médicales, le 14 août 1884 à Copenhague, dans un discours intitulé : « Sur les mouvements des cônes et des

cellules pigmentaires de la rétine sous l'influence de la lumière et du système nerveux. » La première observation concernant ce sujet a été faite à Utrecht par Van Genderen Stort qui, sous la direction de Engelmann, a entrepris d'étudier l'influence de la lumière sur la répartition du pigment de la rétine.

Les expériences ont porté sur quelques Vertébrés *(Perca fluviatilis, Testudo græca, Columba livia*, etc.), mais principalement sur les grenouilles *(Rana temporaria* et *esculenta)*. D'aprés de nouvelles observations du même auteur, le même fait s'observe aussi chez l'homme.

Van Genderen Stort soumettait les grenouilles à l'influence de l'obscurité complète pendant quelques heures, puis il les tuait dans l'obscurité, extirpait les yeux aussi vite que possible et les durcissait.

Dans une seconde série d'expériences, les grenouilles étaient exposées pendant quelques heures à l'influence directe de la lumière et leurs yeux étaient préparés dans les mêmes conditions que dans la série précédente.

L'examen des coupes transversales d'une rétine durcie et provenant d'une grenouille qui était restée plusieurs heures dans l'obscurité a montré que les cônes ne se trouvent pas immédiatement au-dessus de la membrane limitante externe, comme on le représente généralement, mais qu'ils se sont portés plus en dehors, prés des corps des cellules pigmentaires, et que leur pigment s'est amassé ; les prolongements pigmentaires se sont contractés et le tout forme un amas compact très éloigné de la membrane limitante externe. Dans la seconde série d'expériences, les coupes de la rétine montrèrent que sous l'influence de la lumière les segments internes des cônes se raccourcissent et, par ce fait, les cônes s'approchent de la membrane limitante externe ; mais les prolongements protoplasmiques des cellules pigmentaires de la rétine montrent aussi un mouvement très considérable et dans la même direction que celle des cônes.

Ces prolongements se sont tellement abaissés qu'après l'action de la lumière pendant une demi-heure ils ont atteint la membrane limitante externe. Ainsi l'influence de la lumière sur la disposition histologique pigmentaire de la rétine est évidente chez la grenouille. Il était intéressant de savoir si ce mouvement des cellules pigmentaires se présente aussi chez les Arthropodes, dont les yeux sont si richement pourvus de pigment.

Monsieur le professeur Hermann Fol m'a donc engagée à faire des recherches sur cet embranchement, afin de savoir si la lumière produit un phénomène analogue à celui des Vertébrés.

Je saisis l'occasion d'adresser ici mes plus chaleureux remerciements à M. le professeur H. Fol, qui m'a confié un sujet aussi intéressant et n'a cessé de m'accorder ses conseils les plus bienveillants.

J'exprime aussi ma reconnaissance à M. Frey-Gessner, entomologue de Genève, qui a bien voulu me seconder dans mes études.

Les nombreuses expériences que j'ai faites m'ont permis de tirer quelques conclusions générales et de constater que la lumière exerce effectivement une influence sur les yeux de ces animaux et produit des changements histologiques, mais le degré de cette influence varie suivant les groupes et même suivant les espèces. En outre, quelques espèces présentent des particularités remarquables. Les expériences ont été faites surtout sur les insectes que j'avais à ma portée plus que toute autre classe d'arthropodes ; j'ai examiné les représentants des groupes principaux de cette classe.

Les espèces que j'ai choisies pour mes études sont celles que j'ai trouvées aux environs de Genève pendant mes excursions. Le choix des insectes était fait au hasard, déterminé uniquement par l'abondance de telle espèce dans un moment donné.

La récolte du matériel se heurte à des difficultés dont je veux dire quelques mots. En premier lieu on dépend beaucoup de l'état du temps et il y a vraiment peu de jours favorables à une bonne chasse aux insectes pour celui qui se propose de capturer un certain nombre d'individus de la même espèce.

Ainsi il vaut mieux renoncer à la chasse les jours où il fait du vent, où le ciel est couvert de nuages ou bien après la pluie, lorsqu'il y a beaucoup d'humidité dans l'air, car alors les insectes volent peu et se tiennent dans leurs retraites. Et même par un temps clair et calme il n'y a que peu d'heures bonnes pour la chasse. J'ai remarqué que les heures les plus favorables, en plein été, sont de 11 heures du matin jusqu'à 5 heures de l'après-midi à peu près, c'est-à-dire le moment de la journée où le soleil est le plus ardent.

La petite taille et la mobilité des insectes créent aussi des embarras pendant les excursions et les expériences. Après plusieurs heures de chasse, en ouvrant ensuite mes boîtes au laboratoire, je me suis souvent aperçue que j'avais attrapé différentes espèces du même genre ou bien des individus isolés de différents genres; or comme il me fallait toujours au moins deux individus de même espèce pour faire une expérience, mon excursion était perdue. Rarement j'ai pu trouver à la fois une quantité d'insectes suffisante pour mes études, comme par exemple avec les genres *Rhizotrogus* et *Hydropsyche*; pour les autres genres, j'ai dû me reprendre à plusieurs fois. Pour comble de malheur, l'expérience ne pouvant pas se faire le jour de l'excursion, j'en trouvais le lendemain qui avaient péri, soit qu'ils fussent trop délicats, soit qu'ils eussent souffert pendant la capture.

Outre les insectes, j'ai étudié aussi plusieurs espèces d'araignées, mais leurs yeux présentent des difficultés techniques et histologiques qui ne m'ont pas permis d'arriver à des résultats nets, sauf pour le genre *Phalangium*, dont les

yeux montrent certainement des changements dans la disposition du pigment sous l'influence de la lumière directe et de l'obscurité. Mes expériences ont toujours été faites en deux séries parallèles : un certain nombre d'insectes était mis à l'obscurité pendant plusieurs heures, et d'autres insectes de la même espèce étaient exposés en pleine lumière ou le plus souvent à l'influence directe du soleil pendant une durée d'un quart d'heure au moins, jusqu'à six heures au maximum, mais généralement pendant une heure. J'ai laissé les animaux moins longtemps au soleil qu'à l'obscurité, d'abord parce que la lumière agit plus vite sur les cellules pigmentaires que l'obscurité, et ensuite parce que les insectes ne peuvent pas généralement supporter la chaleur pendant plusieurs heures; ils sont tués et l'expérience est à recommencer, car je n'ai pris en considération que les yeux d'insectes restés vivants et en bonne santé jusqu'à la fin de l'expérience. Cette circonstance m'a obligée à renouveler souvent mes excursions, mais cet inconvénient était largement compensé, car en étudiant les tissus de l'œil aussitôt après la mort de l'animal, j'avais l'avantage de me servir toujours d'un matériel aussi frais que possible, non retatiné pendant un long séjour dans l'alcool, et par conséquent de trouver les éléments histologiques dans l'état le plus satisfaisant pour de pareilles études.

II. TECHNIQUE

Pour l'exactitude de la comparaison des dispositions histologiques sous l'influence de la lumière et de l'obscurité, j'ai préparé les yeux des deux séries simultanément et exactement dans les mêmes conditions. L'exposition à la lumière

ou à l'obscurité étant terminée je décapitais les animaux et aussitôt je coupais chaque tête en deux longitudinalement, pour interrompre la communication entre les fibres cérébrales et empêcher ainsi le système nerveux d'influencer les cellules pigmentaires et de modifier la position qu'elles avaient prise à la lumière ou à l'obscurité. Les morceaux tombaient directement dans de l'acide osmique à 1 : 100.

Le temps qu'il faut pour fixer et durcir les yeux des différents arthropodes varie d'une espèce à l'autre et il m'a fallu le trouver par tâtonnement. Chez telle espèce, un séjour de deux heures dans l'acide osmique donne à l'élément histologique une parfaite netteté, tandis que chez telle autre du même groupe, ce temps est trop long, les coupes se brisent et la rétine se noircit au point qu'on ne distingue plus de cellules ; ou inversement, ce temps est insuffisant et alors les cellules et les cônes ne sont pas assez distincts. La grandeur de l'organe visuel et le degré de résistance de ses téguments ont naturellement une certaine influence.

Mais en général le temps nécessaire pour la plupart des espèces varie de une à quatre heures.

Après avoir retiré les yeux de l'acide osmique, je les mettais dans la solution d'acide oxalique au quart avec l'alcool pour enlever l'acide osmique qui noircit l'élément nerveux. Ensuite les yeux étaient lavés à plusieurs reprises dans l'alcool à 70 °/₀ et mis dans l'alcool absolu. Pour obtenir la transparence des tissus, je mettais les yeux d'abord dans un mélange d'essence de girofle avec de l'alcool absolu, puis dans l'essence de girofle pure.

L'inclusion était faite à la paraffine chauffée pendant plusieurs heures dans un fourneau à gaz ; mais il arrivait souvent que l'objet inclus était rempli d'air et nageait sur la paraffine, ce qui est fort incommode pour la confection des coupes ; alors pour chasser l'air j'ai dû recourir à la pompe pneumatique. Je mettais la paraffine fondue et l'objet en

question dans une éprouvette, je la fermais hermétiquement à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et puis je la mettais en communication avec la pompe pneumatique et la chauffais doucement au bain-marie; au bout de quelques heures l'objet tombait au fond, l'opération était terminée.

J'ai remarqué que par ce procédé la paraffine pénètre beaucoup mieux les tissus de l'œil, les coupes se brisent moins, car la paraffine devient plus plastique, en outre elle devient plus transparente ce qui permet de juger mieux de la position de la préparation. Ayant reconnu les avantages de l'emploi d'une pompe, je m'en suis servie dès lors pour toutes mes inclusions.

Pour obtenir des coupes je me suis servie du microtome de Schanze. La confection des coupes demande beaucoup de temps et de patience; la difficulté vient de ce que les coupes se brisent facilement, et s'attachent au rasoir et au pinceau. En outre, comme je me suis servie principalement de coupes longitudinales, il n'y avait que l'équateur de l'œil qui montrât les éléments dans leur entier et il suffisait d'une inclinaison imperceptible de la préparation sous le rasoir pour empêcher d'obtenir de bonnes coupes longitudinales. Toutes ces difficultés m'ont obligée à répéter souvent les inclusions pour arriver à avoir une quantité suffisante de coupes irréprochables.

La richesse de pigment constitue l'une des grandes difficultés de la préparation des coupes, car il les obscurcit fortement et pour pouvoir bien distinguer les éléments histologiques, il faut des sections très fines. Je les faisais généralement de $^{1}/_{100}$ de mm. d'épaisseur et ce n'est que pour quelques espèces telles que les Muscidées que j'ai réussi à faire les coupes à $^{1}/_{200}$ de mm. Chez les Hyménoptères la chitine est trop dure pour permettre d'arriver à ce degré de minceur. Chez les araignées toutes ces difficultés sont plus grandes encore, car le dimorphisme extérieur et intérieur de leurs

yeux, les diverses inclinaisons sous lesquelles ils sont placés sur le céphalothorax font que les coupes ne sont pas comparables et leur donnent des aspects très différents ; les yeux sont si petits qu'il est difficile, même à l'aide d'une loupe, d'incliner le céphalothorax sous le rasoir de manière à obtenir des coupes exactement longitudinales et dans une série la direction n'est bonne que pour quelques-uns des yeux qui se trouvent dans le même plan. Il en résulte qu'après avoir fait une suite de coupes, dans un céphalothorax on ne réussit pas à retrouver les parties qui appartiennent à l'œil dont on voudrait examiner la disposition pigmentaire, car on n'est jamais sûr que les portions d'yeux que présente la coupe suivante appartiennent encore au même œil, plutôt qu'à un autre qui grâce au dimorphisme des rétines présenterait une petite différence dans la disposition pigmentaire.

Enfin la rétine est couverte d'un pigment si obscur et épais qu'on ne peut souvent pas distinguer si l'on a obtenu une coupe bien parallèle à l'axe de l'œil ou bien une coupe oblique. Toutes ces difficultés réunies ont déjoué mes efforts avec les yeux d'une quarantaine d'araignées, et ce n'est que chez *Phalangium* que j'ai réussi à voir nettement la différence dans les dispositions histologiques entre les deux séries d'individus mis en expérience. Les yeux de *Phalangium* sont plus grands que ceux des autres araignées que j'ai examinées et leur disposition plus simple m'a permis d'obtenir des coupes bien franchement longitudinales.

Pour les termes histologiques, j'ai adopté ceux qu'a employés GRENACHER dans son ouvrage intitulé : *Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden*.

GRENACHER distingue trois éléments porteurs du pigment rétinien : 1. les rétinules elles-mêmes; 2. les cellules pigmentaires propres qui sont de deux espèces : *a)* les cellules principales ou de premier ordre sont les cellules qui entourent les cônes cristallins et leurs équivalents, elles sont générale-

ment très grandes; *b)* cellules de second ordre qui se trouvent entre les cônes et leurs équivalents et aussi entre les rétinules; ces cellules sont d'habitude en nombre considérable, et groupées plus ou moins régulièrement. Elles sont tantôt courtes, tantôt très longues, en sorte que leurs prolongements atteignent les extrémités inférieures des rétinules. Enfin GRENACHER a constaté encore chez les Arthropodes la présence d'une troisième catégorie du tissu pigmentaire qui se trouve à la base des rétinules. GRENACHER suppose que ce sont aussi des cellules pigmentaires, mais il dit n'avoir pas pu réussir à le démontrer. J'ai trouvé aussi cette troisième catégorie du tissu pigmentaire chez plusieurs genres d'Insectes; il est très épais, disposé régulièrement en bandes longitudinales autour des rétinules et distinct de ces dernières. On voit bien ceci sur des coupes longitudinales, mais mieux encore sur des coupes transversales.

Enfin sur les coupes colorées à l'hématoxyline on distingue fort bien les contours de ces cellules, car elles se colorent plus vivement que les rétinules. Chez l'*Hydropsyche ornatula* on voit même très distinctement leurs noyaux arrondis.

Il me semble d'après ces observations qu'on peut admettre l'existence chez les différents Insectes d'une troisième espèce de cellules pigmentaires à la base des rétinules. Je les appellerai dans mon travail les cellules pigmentaires du troisième ordre; je les ai trouvées chez l'*Hydropsyche ornatula*, *Rhizotrogus solstitialis*, *Carabus auratus*, *Macroglossa stellatorum* et *Deilephila euphorbiae*.

J'ai représenté sur les dessins les cas extrêmes de la disposition histologique résultant de mes expériences et, comme les changements principaux se montrent dans la partie antérieure de l'œil, c'est cette partie qui figure sur mes dessins.

III. DISPOSITION DU PIGMENT

SOUS L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE DIRECTE ET DE L'OBSCURITÉ COMPLÈTE.

Dans ce chapitre je passerai en revue les représentants des principaux groupes d'Insectes qui ont été l'objet de mes recherches, en m'arrêtant davantage aux groupes qui montrent une organisation plus élevée, tels que les Hyménoptères, les Diptères, les Lépidoptères.

Orthoptères proprement dits.

Stenobothrus pratorum.

Obscurité. Toute la surface des cônes est couverte de cellules pigmentaires d'un brun jaunâtre et de deux ordres ; les cellules principales se trouvent des deux côtés des cônes, elles vont depuis la base de ces derniers jusqu'à la cornée ; les noyaux de ces cellules sont placés à la base des cônes et autour de ces noyaux s'est accumulé fortement le pigment noir, de telle sorte qu'aux points de réunion des cônes avec les rétinules on voit une raie transversale noire formée par ce pigment. Les cellules de second ordre se trouvent entre les cônes ; elles se distinguent par les prolongements très longs qu'elles envoient aux rétinules et qui les couvrent complètement. Cependant la partie antérieure des rétinules est pigmentée plus fortement que le reste. Le pigment, dans ces prolongements cellulaires, est brun rougeâtre, composé de petites granulations; il se trouve aussi dans les espaces qui

séparent les rétinules. On distingue bien le corps des cellules ainsi que leurs prolongements.

Gros soleil. Les contours des cellules de premier ordre sont assez distincts, mais celles de second ordre le sont très peu, car elles se sont confondues et forment une masse jaune qui couvre les cônes presque uniformément ; à la base des cônes se trouve une large raie de pigment foncé qui couvre l'extrémité antérieure des rétinules ; à part cette accumulation de pigment, les rétinules sont pigmentées uniformément dans toute leur longueur. Mais le point le plus remarquable est qu'une partie du pigment s'est changée en gouttes de différentes grandeurs, elles forment par places des amas énormes. On voit ces gouttelettes sur les cônes à travers le pigment jaune, mais peu distinctement, tandis qu'elles sont surtout nombreuses et très visibles sur les rétinules et entre elles ; ces gouttelettes sont d'un rouge carmin très vif, réfringentes, disposées en chapelet et réunies entre elles dans le sens longitudinal par de fins filaments granuleux et foncés.

Comparaison. La différence dans la disposition histologique pigmentaire pendant les deux expériences est énorme : elle s'accuse par le mouvement des cellules pigmentaires, par le mouvement de leurs granulations et enfin par ce changement si caractéristique de pigment en gouttelettes d'apparence graisseuse. En effet, tandis que dans l'obscurité tout le pigment est granuleux et brun, sous l'influence du soleil une partie du pigment s'est changée en gouttes et gouttelettes rouges. Les cellules pigmentaires qui, à l'obscurité, présentent des contours distincts, s'aplatissent au soleil et se confondent les unes avec les autres, présentant une masse presque uniforme. Enfin, à l'obscurité, le pigment noir s'est fortement concentré à la base des cônes, tandis qu'au soleil ses granulations se sont répandues sur une surface deux ou trois fois plus grande et que les rétinules sont pigmentées plus uniformément.

Orthoptères Pseudo-Névroptères.

LIBELLULA CANCELLATA.

Obscurité. De chaque côté du cône on voit une grande cellule principale d'une couleur verdâtre avec du pigment granuleux (Voy. Pl. VIII, fig. 1). La partie médiane des cônes est occupée par des cellules de second ordre (fig. 1, Pg^2), qui sont un peu plus pâles que les premières, elles sont elliptiques ou fusiformes avec des prolongements, on voit même quelquefois leurs noyaux. Entre la cornée et les cônes on voit les noyaux de SEMPER (fig. 1, *n*). A la base des cônes il y a une forte accumulation de pigment noir qui forme un corps ovoïde au-dessus de chaque cône. Ce corps est entouré de pigment orangé qui occupe aussi une petite partie des cônes; ces derniers sont bien distincts. Les limites entre deux cônes et entre deux rétinules sont nettement dessinées, car le pigment ne se disperse pas. Les rétinules sont fortement obscurcies dans toute leur longueur par du pigment noir brunâtre, mais la moitié antérieure l'est davantage que la moitié postérieure. Les larges espaces entre les rétinules sont remplis de gros prolongements cellulaires tortueux (fig. 1, *pPg.*), qui forment ensemble un réseau descendant jusqu'au tiers et même jusqu'à la moitié des rétinules.

Pleine lumière. Les cellules principales sont bien distinctes, elles vont depuis la base des cônes jusqu'à la cornée (voy. Pl. VIII, fig. 2, Pg^1); on voit même leurs deux gros noyaux à la base des cônes, à travers une mince couche de pigment qui les couvre (fig. 2, N^1). Les cellules de second ordre présentent des fibres longitudinales disposées suivant l'axe des rétinules (fig. 2, Pg^2). Il n'y a point d'accumulation de pigment à la base des cônes; le pigment orangé et

noir a visiblement changé de place ; il s'est porté sur les cônes et en occupe les trois quarts. Il n'y a que la partie antérieure des cônes qui en soit dépourvue, elle est couverte par du pigment jaune verdâtre. En outre, chez la *Libellula* se retrouve le même phénomène que j'ai observé chez *Stenobothrus*, c'est-à-dire que le pigment granuleux qui, à l'obscurité, était accumulé à la base des cônes s'est changé sous l'influence de la lumière en un grand nombre de gouttelettes réfringentes d'un beau rouge (fig. 2, *gg*), de différentes grandeurs, mais beaucoup plus petites que chez le *Stenobothrus*. Ces gouttelettes couvrent presque toute la longueur des cônes, elles sont disposées sur les fibres longitudinales d'une manière assez régulière. — Le mouvement des cellules pigmentaires s'accuse aussi sur les rétinules ; à la lumière on voit que le pigment s'est répandu uniformément et largement, de sorte qu'il occupe en partie les espaces vides entre les rétinules et, par ce fait, ces dernières semblent être plus larges qu'à l'obscurité ; en même temps elles sont claires et présentent de fines granulations dans toute leur longueur. La partie antérieure des rétinules est plus fortement pigmentée que le reste et dans cette partie on voit quelques gouttelettes réfringentes, tandis qu'ailleurs elles font défaut. Il est à noter encore que les prolongements des cellules pigmentaires ne sont nulle part tortueux; ils ont pris l'aspect de fibrilles très fines, disposées bien parallèlement à l'axe des rétinules.

Comparaison. Il résulte de cette description que la disposition histologique pigmentaire chez *Libellula* change beaucoup, suivant que l'animal était exposé à l'obscurité ou à la lumière. Deux phénomènes se remarquent surtout pendant ces expériences, c'est le grand mouvement des cellules pigmentaires et de leurs granulations et la transformation que subit le pigment : à l'obscurité il est composé de granulations noires et, sous l'influence de la lumière, la plus grande

partie de ce pigment est changée en gouttelettes rouges réfringentes. Cependant je suppose que ce changement de couleur n'est qu'apparent et qu'il est dû à la différente concentration du pigment, car à l'obscurité ce pigment n'est pas strictement noir, il est brunâtre et, dans les endroits où il est disposé en couche très mince, il a une couleur orangée. Le mouvement des cellules pigmentaires s'accuse par la position différente qu'elles prennent dans les deux expériences : à l'obscurité le corps de ces cellules est gonflé, arrondi, leurs prolongements sont très gros, disposés irrégulièrement, et forment un réseau dans la moitié antérieure des rétinules, tandis qu'à la lumière, le corps des cellules pigmentaires s'allonge beaucoup et leur protoplasma devient fibrillaire. Les prolongements cellulaires se disposent régulièrement le long des rétinules, le réseau qu'ils formaient à l'obscurité disparaît. Enfin à l'obscurité les granulations pigmentaires sont accumulées dans des endroits déterminés ; leur plus grande concentration se trouve à la base des cônes. Il se forme en ce point le corps ovoïde noir, dont j'ai parlé plus haut ; les rétinules à l'obscurité sont aussi fortement pigmentées. Sous l'influence de la lumière la concentration du pigment disparaît, il se disperse largement sur les cônes et sur les rétinules ; comme conséquence de cette dispersion, nous voyons à présent les noyaux des cellules principales à la base des cônes et nous remarquons que les rétinules semblent être plus larges, plus aplaties et moins pigmentées.

Agrion cyathigerum.

Obscurité. Les cônes sont plus visibles que chez *Libellula*, car ils sont couverts seulement par des cellules principales qui sont d'une couleur verdâtre très pâle. Les cellules brunes de second ordre sont accumulées et serrées à la base des cônes ; elles forment au-dessus de chaque cône un manchon

épais, noir, qui embrasse la base du premier; ce manchon est bien délimité à ses deux extrémités. A son extrémité antérieure on voit sortir les cellules verdâtres principales et le cône, et à son extrémité postérieure sortent les rétinules. L'ensemble de ces cellules serrées forme une raie transversale noire qui s'arrête brusquement à la base des cônes, tandis que son bord postérieur distinct est en continuité avec le pigment brun des rétinules; cette raie est cependant discontinue, car on voit toujours une petite lumière qui sépare les systèmes de cellules appartenant aux deux rétinules voisines. Ces dernières sont pigmentées dans toute leur longueur; les espaces entre elles sont remplis de gros prolongements cellulaires, qui forment un véritable réseau à grosses et larges mailles; ce réseau descend jusqu'au tiers des rétinules. Les granulations du pigment dans la partie postérieure des rétinules sont assez grosses.

Gros soleil. Les cellules principales verdâtres couvrent presque toute la surface des cônes. Les cellules brunes de second ordre se trouvent à la base des cônes, mais en même temps elles occupent le quart inférieur de ces derniers; les extrémités supérieures des cellules brunes se confondent insensiblement avec les cellules principales; cependant quelques-unes de ces extrémités sont très distinctes. Les cellules brunes forment au-dessous de chaque cône une forte accumulation de pigment qui passe insensiblement dans celui des rétinules. — Ces dernières ont une pigmentation inégale, le quart antérieur en est davantage pigmenté que le reste et en même temps, ce pigment est plus granuleux qu'il ne l'est dans la partie postérieure des rétinules où il est finement granuleux. Le pigment n'est pas disposé sur les rétinules en mailles de filet, mais il s'est étalé uniformément et largement, de sorte que les espaces entre ces trabécules sont très petits et encore renferment-ils du pigment; en somme les limites entre les rétinules ne sont pas bien nettes. Chez *Agrion,* le

pigment, sous l'influence de la lumière, ne se change pas en gouttelettes comme chez *Libellula*.

Comparaison. Chez *Agrion* la différence dans la disposition histologique est moins frappante que chez les deux Orthoptères précédents ; cependant le mouvement des cellules pigmentaires se montre aussi chez cette espèce. A l'obscurité nous voyons que les cellules brunes se sont fortement serrées à la base des cônes et forment une raie noire transversale dont le pigment est très compact, la limite antérieure en est très arrêtée ; de même sa limite postérieure se distingue aussi du pigment qui couvre les rétinules. Sous l'influence du gros soleil, ces mêmes cellules brunes s'allongent et montent le long des cônes. C'est pourquoi, à présent, le pigment est moins compact, il forme une couche plus mince et on distingue les contours de quelques-unes des cellules brunes ; la raie noire pigmentaire se retrouve aussi, mais ses deux limites ne ressortent pas distinctement, car la limite antérieure se confond avec les cellules principales et la limite postérieure passe insensiblement dans le pigment des rétinules. Le mouvement descendant de ces cellules est plus grand que le mouvement ascendant. Enfin le pigment des rétinules est réparti à l'obscurité en réseau, il est disposé par gros filets, tandis que sous l'influence du soleil ces filets disparaissent et le pigment s'étale plus largement sur les rétinules et entre elles. Je n'ai pas remarqué de différence dans la disposition des cellules principales.

Névroptères.

HYDROPSYCHE ORNATULA

Obscurité. Chez cette espèce il y a trois sortes de cellules pigmentaires qui se distinguent les unes des autres par leur

forme, leur position et leur couleur, car outre les cellules de premier et de second ordre qui se trouvent ordinairement chez les Insectes, il y a encore chez *Hydropsyche* une troisième catégorie de cellules pigmentaires en bas des rétinules, entre ces dernières et le ganglion optique.

Les cônes sont couverts de granulations jaunes assez grosses appartenant aux cellules principales (Voy. Pl. VIII, fig. 3). Les contours de ces dernières ne sont pas bien distincts. Les cellules de second ordre (fig. 3, *Pg.*[2]) sont brunes ; elles se sont accumulées sur les extrémités antérieures des rétinules et à la base des cônes et forment une raie noire assez étroite, mais très épaisse. De cette raie partent des prolongements granuleux fins qui montent et atteignent à peine le quart inférieur des cônes. La limite postérieure de cette raie s'arrête brusquement et, dans cet endroit, on voit sortir les rétinules qui sont transparentes et complètement dépourvues de granulations pigmentaires (fig. 3, *Rl.*) ; ce n'est qu'à leur base qu'on voit de nouveau les cellules que j'appelle les cellules pigmentaires de troisième ordre. Ces cellules sont complètement remplies de granulations noir brunâtre ; leur corps est gros ; les extrémités antérieures en sont pointues et apparaissent très nettement, car entre deux cellules il y a toujours un espace qui les sépare. La partie postérieure de ces cellules est plus épaisse et enfin sur la limite, entre le ganglion optique et les rétinules, ces cellules sont confondues ; on ne distingue plus leurs contours et il se forme là une épaisse bande de pigment.

Gros soleil. Les cônes sont couverts de fines granulations pigmentaires jaunes. Les cellules brunes de second ordre forment une accumulation de pigment à la base des cônes, mais cette couche est si peu épaisse (Pl. VIII, fig. 4, *Pl.*[2]) qu'elle est transparente et permet de voir à travers les cônes et les rétinules ; ces cellules se sont allongées énormément, principalement du côté des rétinules, à tel point que ces der-

nières sont couvertes jusqu'à leur moitié par du pigment noir qui les cache (fig. 4, *Rl.*); sur certaines coupes ce pigment descend même plus bas et envoie des prolongements granuleux jusqu'aux cellules de troisième ordre, de sorte que les rétinules dans ce cas sont pigmentées dans toute leur longueur. J'ai dit que les cellules de second ordre s'allongent principalement du côté des rétinules, mais on remarque aussi leur mouvement vers les cônes; elles montent jusqu'à la moitié de ces derniers et même plus haut. On voit sur les cônes les prolongements cellulaires noirs assez gros et terminés en pointe. Puisque les cellules de second ordre se sont élevées, elles ont caché en partie les cellules principales jaunes. Les cellules de troisième ordre sont allongées et effilées.

Comparaison. L'*Hydropsyche* est un bel exemple de l'influence poussée à l'extrême que produit la lumière sur la disposition histologique pigmentaire des yeux; cette influence se fait remarquer au premier coup d'œil. En effet, tandis qu'à l'obscurité nous voyons toutes les cellules pigmentaires noires accumulées à la base des cônes formant une bande épaisse à travers laquelle on ne distingue pas les éléments de l'œil, sous l'influence du gros soleil la bande noire a disparu et c'est à peine si l'on voit un peu plus de pigment à la base des cônes que sur les rétinules. Les cellules brunes se sont allongées énormément dans deux directions: vers les cônes et surtout vers les rétinules et ces dernières sont à présent, en grande partie ou totalement, couvertes de pigment. A l'obscurité, au contraire, la plus grande partie des rétinules est complètement dépourvue de pigment. A l'obscurité, les bases des cônes se trouvent enfoncées dans du pigment et le reste est couvert par des granulations jaunes entre lesquelles, çà et là, on voit des granules noirs dispersés; au gros soleil on voit les deux tiers inférieurs des cônes richement couverts de granulations pigmentaires noires qui ont caché en grande partie les granulations jaunes.

Quant aux cellules pigmentaires de troisième ordre, elles présentent aussi un mouvement, car au soleil elles s'allongent et sont moins compactes qu'à l'obscurité, mais leur mouvement n'est pas considérable. Les cellules de troisième ordre ne sont pas représentées sur les dessins.

Rhynchotes.

PYRRHOCORIS APTERUS

Les yeux acônes sont si riches en pigment, que même sur des coupes à $^1/_{200}$ de mm. d'épaisseur, on distingue à peine quelques cellules pigmentaires isolées, tandis que les tranches à $^1/_{100}$ de mm. d'épaisseur se présentent comme des masses continues de pigment ne laissant distinguer aucun élément de l'œil. Ce pigment est très grossier, composé de granules arrondis, très réguliers et très grands ; ces granules sont disposés bien régulièrement en séries longitudinales. Les rétinules avec les cellules pigmentaires qui les entourent ont l'aspect de gros cordons cannelés, pigmentés d'un bout à l'autre. Une grande partie du ganglion optique est fortement pigmentée en rouge vif comme tout l'œil et ce pigment est en continuité avec les cellules pigmentaires.

Obscurité. Le pigment est surtout accumulé à la partie antérieure des rétinules et, par suite de cette accumulation, il forme dans le voisinage de la cornée une masse très épaisse et presque noire. Dans la partie médiane et surtout dans la partie inférieure des rétinules le pigment se trouve en quantité sensiblement moindre, il diminue à mesure qu'on s'approche du ganglion optique ; enfin dans son voisinage immédiat, les rétinules deviennent plus minces et pointues, ce qui peut être expliqué par ce fait qu'à l'obscurité une partie des cellules pigmentaires n'envoient pas leurs prolongements

jusqu'aux extrémités des rétinules. Le pigment dans le ganglion optique présente beaucoup de masses arrondies qui se groupent près des rétinules ; entre ces masses on voit aussi des traînées pigmentaires.

Gros soleil. Les cellules pigmentaires descendent vers le ganglion optique, elles semblent être tendues sur les rétinules. Le pigment est très uniformément répandu sur ces dernières. Elles présentent des masses larges, cannelées, jusqu'au contact immédiat avec le ganglion optique. Les rétinules présentent dans leur partie inférieure presque la même largeur que dans la partie supérieure, car le pigment s'y est étalé. On voit encore que les traînées pigmentaires dans le ganglion optique sont très nombreuses et très longues.

Comparaison. La disposition histologique pigmentaire chez cette espèce ne présente pas une grande différence dans les deux expériences; cependant nous retrouvons ici ce phénomène qu'à l'obscurité le pigment est plus accumulé par places et que, sous l'influence du soleil, il se répand plus uniformément et occupe une plus large surface. Chez le *Pyrrhocoris* à l'obscurité le pigment s'est porté principalement vers la cornée, il diminue à mesure qu'on s'approche des extrémités postérieures des rétinules qui deviennent plus étroites et pointues. Au soleil le pigment s'est réparti uniformément sur toute la longueur des rétinules, les cellules pigmentaires descendent davantage vers le ganglion optique et les extrémités postérieures des rétinules sont plus larges qu'à l'obscurité. Les granulations pigmentaires, qui se trouvent dans le ganglion optique montrent aussi un mouvement sous l'influence de la lumière.

Diptères avec les yeux pseudocônes.

Musca domestica

Les cellules principales sont jaunes, elles entourent les pseudocônes, les cellules de second ordre sont d'un rouge très vif, elles sont placées à la base des cellules cristallines sur les rétinules et entre elles; ces cellules sont très grandes, arrondies, munies de prolongements qui sont placés le long des rétinules jusqu'à leurs extrémités postérieures.

Obscurité. Ce que j'ai remarqué surtout dans cette expérience c'est que le pigment est accumulé dans des endroits déterminés : c'est le cas pour le pigment jaune, mais surtout pour le pigment rouge, qui est rejeté des deux côtés du pseudocône où il forme deux lignes foncées. Il est accumulé surtout à la base des cellules cristallines et forme une raie transversale rouge qui sépare les pseudocônes des rétinules. Les cellules cristallines se montrent presque partout très distinctement n'étant que peu couvertes de pigment, les rétinules avec leurs bâtonnets sont aussi découvertes et de chaque côté d'une rétinule se trouve accumulé le pigment rouge. Ce pigment, à cause de son accumulation autour des pseudocônes et des rétinules, fait ressortir les parties constituantes de l'œil très nettement. Les deux espèces de pigment sont distinctes l'une de l'autre. Le corps réfringent en forme d'*y* n'est que très rarement caché par du pigment [1].

Gros soleil. Le pigment est répandu très uniformément sur les pseudocônes et sur les rétinules, les pigments jaune

[1] Dans les yeux pseudocônes des Diptères on voit un corps réfringent qui a la forme d'un Y et qui se trouve au milieu du pseudocône. (Voy. *Grenacher*.)

et rouge se sont confondus, il n'y a pas entre eux de limite tranchée; la plupart des coupes ne permettent pas de voir quelle est la structure de l'œil, car tout est couvert de pigment, c'est à peine si l'on distingue la couleur des rétinules, mais on voit souvent leurs bâtonnets. On ne voit pas la forme du pseudocône, car le pigment jaune le cache complètement; de même on ne voit pas les cellules cristallines qui sont noyées dans du pigment rouge. Sur d'autres coupes, les pseudocônes et les cellules cristallines se dessinent à peine à travers la couche du pigment, mais dans aucun cas je n'ai pu voir distinctement les contours des cellules cristallines. Les corps réfringents en forme d'*y* ne se montrent jamais.

Comparaison. Nous voyons que sous l'influence de l'obscurité la structure de l'œil se montre beaucoup plus distinctement qu'au soleil, car dans le premier cas les cellules pigmentaires et leurs prolongements sont plus localisés et en même temps plus contractés, c'est pourquoi nous voyons les cellules jaunes distinctes des cellules rouges; au contraire par l'effet du soleil les deux pigments se sont confondus sur les pseudocônes et ces derniers sont moins nets qu'à l'obscurité. En même temps le pigment rouge qui à l'obscurité est fortement accumulé à la base des cellules cristallines s'est porté plus haut et a couvert ces cellules. Nous remarquons aussi le mouvement des granulations pigmentaires sur les rétinules, car à l'obscurité le pigment est principalement accumulé de deux côtés des rétinules et au soleil il envoie de nombreux filaments dans toutes les directions.

Eristalis tenax.

Obscurité. Les cellules principales et celles de second ordre sont jaunes, ces dernières sont d'un jaune orangé. Les pseudocônes sont très distinctement colorés en jaune (voy. Pl. VIII, fig. 5 *Ps. C.*); de chaque côté d'un pseudocône on voit

un gros bourrelet : ce sont des cellules principales (fig. 5 *Pg.*[1]) qui aboutissent à la cornée; on voit leurs gros noyaux placés au-dessus des cellules cristallines. A la base des pseudocônes on voit des cellules cristallines et au-dessous de ces dernières se trouvent placées de nombreuses cellules de second ordre (fig. 5 *Pg.*[2]); elles forment une raie orangée dont les limites sont très arrêtées. Les noyaux de ces cellules se montrent très distincts et comme je les ai rarement trouvés dans des préparations sans coloration artificielle. Les cellules de second ordre envoient de gros prolongements pigmentés (fig. 5 *p. Pg.*), qui se placent le long des rétinules (fig. 5 *Rl.*) et arrivent jusqu'au ganglion optique. Le pigment jaune des cellules de premier ordre se montre, comme d'habitude chez les Muscarides, finement granuleux; il n'y a pas trace de gouttelettes graisseuses. Donc dans cette série on voit non seulement les pseudocônes très distinctement, mais encore tous les autres détails histologiques.

Gros soleil. L'influence de la lumière s'est montrée chez *Eristalis* d'une manière très remarquable, car le pigment jaune des deux espèces de cellules pigmentaires s'est changé en gouttelettes de différentes grandeurs (voy. Pl. VIII Fig. 6 *gg.*) quelquefois énormes et très réfringentes. Ces gouttelettes sont disposées sans ordre déterminé; elles sont surtout amassées sur les pseudocônes et cachent tout, de manière qu'on ne peut reconnaître ni cellules de premier ni cellules de second ordre et qu'on voit à peine les cellules cristallines (fig. 6 *C. cr.*). Dans l'intérieur de ces gouttelettes on voit des granulations pigmentaires brunes, très fines; ces granulations sont surtout nombreuses dans les intervalles entre les gouttelettes. Les gouttelettes se sont tellement étalées sur les pseudocônes, qu'il n'y a presque pas de limites entre ces derniers. Elles se trouvent aussi sur les rétinules (fig. 6 *Rl.*) dans toute leur longueur, mais elles y sont beaucoup plus

rares ; elles forment sur les rétinules comme un chapelet, dont les perles sont espacées et réunies entre elles par de très fins filaments granuleux qui sont colorés en rouge brun. Ainsi les yeux qui avaient été exposés au gros soleil pendant une heure présentent l'aspect général suivant : tous les éléments histologiques sont couverts d'une quantité très considérable de gouttelettes d'un jaune intense, en apparence graisseuses, entre lesquelles sont parsemées des granulations brunes. Il paraît qu'il faut un certain temps pour que le soleil produise ces changements dans le pigment, car chez les individus qui ont été exposés au soleil pendant un quart d'heure seulement le pigment ne s'est pas changé en gouttelettes.

Comparaison. La disposition histologique pigmentaire est tellement différente dans les deux expériences qu'au premier coup d'œil on pourrait croire qu'il s'agit de deux espèces différentes.

A l'obscurité nous voyons que les cellules pigmentaires ont leur forme bien définie ; on peut les distinguer les unes des autres, et l'on voit très distinctement leurs noyaux. Le pigment de ces cellules est finement granuleux. Sous l'influence du gros soleil l'aspect change complètement : le pigment n'est plus granuleux, il s'est changé en gouttelettes jaunes réfringentes qui couvrent presque entièrement les pseudocônes, les cellules cristallines et d'autres éléments histologiques qui sont visibles à l'obscurité ; on distingue encore les rétinules avec leurs bâtonnets, car les gouttelettes jaunes sont accumulées surtout à la partie antérieure de l'œil.

Dasyphora pratorum

Obscurité. Les contours des cellules jaunes de premier ordre sont bien visibles ainsi que leurs noyaux. Il en est de même des cellules cristallines et de leurs noyaux ; on voit aussi les rhabdômes qui entrent dans ces cellules. Les cel-

lules rouges de second ordre sont très distinctes ; il y en a quatre pour chaque rétinule. Elles forment une raie rouge, placée au-dessous des cellules cristallines ; les noyaux se distinguent par leur grandeur ; ils ne se trouvent pas au même niveau. Les prolongements filiformes de ces cellules descendent sur les rétinules, mais ces prolongements se logent des deux côtés de chaque rétinule, presque en ligne droite, et ne forment point de réseau granuleux.

Gros soleil. Il est impossible de distinguer les contours des cellules de premier ordre et l'on distingue à peine les pseudo-cônes, car l'amas de pigment jaune les couvre. Les cellules cristallines sont couvertes d'une légère couche de pigment, mais on ne voit pas leurs noyaux ni les rhabdômes qui y entrent. Les cellules de second ordre sont seules bien visibles, elles couvrent les rétinules de leurs longs prolongements et des ramifications de ces derniers ; le tout présente un réseau délicat formé de granulations très fines.

Comparaison. Dans les yeux exposés à l'obscurité, tous les éléments histologiques sont bien visibles, car le pigment est moins répandu. Au contraire sous l'influence du soleil les cellules pigmentaires s'élargissent, leur pigment s'étale sur une plus grande surface et cache une partie des éléments histologiques qui étaient visibles à l'obscurité. Ces changements s'appliquent aussi bien aux pseudocônes qu'aux rétinules, car nous voyons que sous l'influence de l'obscurité le pigment est accumulé surtout sur les côtés des rétinules et que sous l'influence du soleil ce pigment se disperse sur les rétinules et constitue le réseau finement granuleux.

BOMBYLIUS MAJOR

Obscurité. Les cellules cristallines sont bien visibles, mais les noyaux de ces cellules sont rarement reconnaissables et très peu distincts. On voit d'autant mieux les deux noyaux à

la base des cellules cristallines, noyaux qui appartiennent aux deux grandes cellules principales allongées qui entourent les pseudocônes. Sur les rétinules, à leurs extrémités supérieures, on voit une quantité de noyaux (7-8) qui ne se trouvent pas au même niveau ; ces noyaux appartiennent aux cellules de second ordre dont les prolongements sont très distinctement séparés ; elles aboutissent à la cornée par leurs extrémités supérieures, tandis que les extrémités inférieures descendent sur les rétinules. Les limites entre deux rétinules sont très bien marquées par le pigment qui s'est accumulé le long de ces dernières.

Gros soleil. Les cellules principales ne sont pas bien dessinées et on ne voit pas leurs noyaux. Les cellules cristallines ne sont pas bien visibles. Malgré un examen très attentif je n'ai pas pu trouver les noyaux des cellules de second ordre ; j'ai vu seulement leurs prolongements supérieurs et inférieurs. Le pigment des rétinules s'est étalé largement, de sorte qu'on ne distingue plus leurs limites. En général tout le pigment sous l'influence du soleil s'est largement étalé, c'est pourquoi il y a moins d'espace vide entre les pseudocônes et les rétinules ; le pigment est finement granuleux.

Comparaison. Chez *Bombylius* le même phénomène se répète que chez *Dasyphora*, c'est-à-dire que les éléments histologiques sont beaucoup plus nets dans les yeux restés dans l'obscurité que ce n'est le cas avec les yeux exposés à l'influence du gros soleil, car chez ces derniers le pigment s'étale plus largement et en même temps ses granulations deviennent plus fines.

Sarcophaga carnaria

Obscurité. Les cellules de premier ordre sont jaunes, étroites, contractées ; elles se logent des deux côtés des pseudocônes comme deux bourrelets séparés par un espace très

large ; c'est la partie médiane du pseudocône qui présente une couleur jaune beaucoup plus claire que celle des cellules principales. Les cellules principales embrassent les cellules cristallines et montent jusqu'à la cornée ; elles la touchent en un seul point, à savoir dans la petite fente qui sépare les deux facettes cornéennes. Dans cette fente, les deux cellules voisines appartenant aux pseudocônes différents forment un angle très aigu. Les cellules cristallines sont bien visibles. Les cellules rouges de second ordre sont placées un peu au-dessous des cellules cristallines ; elles ont de longs prolongements qui descendent sur les rétinules et s'étendent dans toute leur longueur. Entre ces prolongements pigmentaires et les rétinules existent des filets très fins et assez nombreux qui relient les gros prolongements pigmentaires aux rétinules. J'ai pu poursuivre plusieurs fois ces fins prolongements jusqu'aux cellules de second ordre dont ils proviennent. Le pigment sur les rétinules forme des amas considérables et présente peu de ramifications.

Pleine lumière. Les cellules principales sont rapprochées l'une de l'autre sur la ligne médiane du pseudocône, de sorte qu'il ne reste entre elles qu'une petite fente à travers laquelle on voit la couche plus claire du pseudocône. En outre, ces mêmes cellules se sont tellement avancées vers la cornée qu'elles se recourbent à angle droit et leurs extrémités supérieures se couchent horizontalement en s'appliquant sur la cornée et forment un bourrelet presque continu au-dessous d'elle. Les cellules cristallines ne sont pas bien distinctes ; elles sont couvertes d'une couche de pigment. Quant au changement que produit la lumière sur les rétinules elles-mêmes, j'ai remarqué que le pigment rouge s'est largement étalé sur elles et entre elles, qu'il s'est partagé en de nombreuses ramifications qui se couchent sur les rétinules. Les gros prolongements pigmentaires sont ici également reliés aux rétinules par des filets très fins et très nombreux. L'in-

fluence de la lumiére se remarque moins entre les rétinules qu'entre les pseudocônes.

Comparaison. Le mouvement des cellules pigmentaires chez cette espèce est très accentué, il se montre surtout dans les cellules jaunes de premier ordre. Ces cellules à l'obscurité sont plus étroites, placées des deux côtés de chaque pseudocône, et entre elles on voit la partie médiane de ce dernier ; cette partie est large. Sous l'influence du soleil ces cellules principales s'élargissent beaucoup et s'avancent l'une vers l'autre sur la partie médiane du pseudocône, de sorte qu'il ne reste entre elles qu'une petite fente à travers laquelle on voit la surface claire du pseudocône. Les cellules principales montrent aussi un mouvement vers la cornée ; à l'obscurité elles sont droites et s'appliquent contre la cornée dans la petite fente ; à la lumière au contraire elles montent tellement qu'elles se recourbent à l'angle droit sous la cornée, de sorte que les cellules de premier ordre présentent deux figures différentes, suivant qu'il s'agit des yeux qui ont subi l'influence de l'obscurité ou de la lumière. Les cellules cristallines sont beaucoup plus visibles à l'obscurité qu'à la lumière, car elles sont moins couvertes de pigment. Le pigment rouge présente à l'obscurité de gros filets des deux côtés des rétinules avec peu de ramifications ; à la lumière, il s'est partagé en de nombreuses ramifications et s'est étalé plus largement sur les rétinules et entre elles.

Quelques remarques sur la disposition des cellules pigmentaires principales chez les Diptères pseudocônes me paraissent nécessaires. Grenacher décrit la position de ces cellules chez *Tabanus bovinus* de la manière suivante : il dit que les deux cellules principales s'enroulent, se soudent par leurs bords latéraux en formant ainsi un entonnoir dont l'extrémité rétrécie se trouve en arrière du pseudocône. Mais à son extrémité antérieure les cellules s'éloignent l'une de l'autre ; dans cet entonnoir sont placés le pseudocône et les

cellules cristallines. D'après cette description des yeux des Muscarides, le pseudocône, c'est-à-dire le liquide exsudé par les cellules cristallines, n'aurait pas d'autre enveloppe que celle que lui fournissent les cellules pigmentaires principales soudées par leurs bords. Or, après examen très attentif de nombreuses coupes, je suis arrivée à cette conclusion que les deux cellules principales ne sont pas soudées par leurs bords (Voy. Pl. VIII, fig. 6, *Pg.*[1]), mais qu'elles sont libres comme chez les autres insectes que j'ai examinés et que le pseudocône paraît être entouré d'une mince membrane qui aboutit aux cellules cristallines dont elle me paraît être la continuation. En effet, sur plusieurs coupes de l'œil de *Sarcophaga carnaria*, on voit très nettement cette membrane qui prend plus ou moins la forme d'un cône. Elle est mince, colorée en jaune clair, tandis que des deux côtés on voit des bourrelets beaucoup plus foncés ; ce sont les cellules principales. Elles commencent à la base des cellules cristallines et vont jusqu'à la cornée. La limite entre les cellules principales et la membrane du pseudocône est plus nette encore par ce fait que ces deux parties de l'œil se trouvent à des niveaux différents; on voit distinctement que la surface arrondie et convexe des cellules principales s'élève au-dessus de la surface plus plane du pseudocône. Mais en outre, un hasard est venu confirmer mes observations, car sur quelques-unes des coupes, les bourrelets se sont déplacés pendant la préparation et ont laissé ainsi le pseudocône à découvert. Ce dernier présente les formes nettes d'un calice, ce qui n'eût pas été le cas si le liquide du pseudocône n'avait pas eu d'autre enveloppe que celle formée par les cellules principales, car ces dernières étant arrachées, la coagulation du pseudocône aurait présenté une forme irrégulière et non une forme si bien définie. Chez *Bombylius major* et chez *Musca domestica* on distingue aussi très nettement le pseudocône des deux cellules pigmentaires ; chez le premier ces cellules adhèrent au pseudocône; cepen-

dant il existe quelquefois une lumière entre les deux parties. Quant à *Musca*, on voit très souvent les pseudocônes séparés des cellules pigmentaires ; ces dernières s'éloignent à une assez grande distance. Une préparation de l'œil de *Musca*, décolorée par la glycérine acidulée, puis colorée par l'hématoxyline montre avec une grande netteté la membrane délicate du pseudocône, avec le corps réfringent en forme de *Y* dans son intérieur. Le mouvement des cellules principales, si accentué chez *Sarcophaga*, montre que les cellules pigmentaires sont indépendantes du pseudocône, car autrement comment expliquer qu'à l'obscurité elles se trouvent des deux côtés du pseudocône fort éloignées l'une de l'autre et qu'à la lumière elles s'approchent de la ligne médiane du pseudocône, de manière qu'il ne reste entre elles qu'une petite fente à travers laquelle apparaît la surface claire du pseudocône ?

Lépidoptères.

Les trois espèces que j'ai examinées dans cet ordre présentent comparativement peu de changements histologiques dans la disposition du pigment sous l'influence de la lumière et de l'obscurité.

Vanessa urticæ

Obscurité. Les extrémités des cellules principales grises sont très distinctes ; elles ont leurs contours bien définis. Mais ce qui est caractéristique, c'est qu'elles s'élèvent audessus des cônes et se terminent chacune par une tête arrondie (Voy. Pl. IX, fig. 7. *Pg.*[1]), de sorte que les cônes se trouvent à un niveau beaucoup inférieur aux extrémités supérieures des cellules principales. Cette disposition est très

constante sur toutes les coupes. Les cellules pigmentaires ne couvrent pas complètement les cônes ; la face de ces derniers est à peu près sans pigment et l'on voit très bien la ligne qui se trouve entre les deux segments du cône. Les cellules rouges de second ordre ont aussi une forme bien définie ; elles sont très longues, épaisses, fortement chargées de pigment et disposées principalement des deux côtés des rétinules (fig. 7 . *Pg.*[2]). Les extrémités supérieures de ces cellules touchent à peine la partie inférieure des cônes et l'on voit très bien la limite où s'arrête le pigment rouge et commence le pigment gris. En général, les rétinules ressortent à l'obscurité très distinctement, car le pigment s'accumule fortement des deux côtés, formant deux lignes foncées qui dessinent bien les limites de ces petits organes.

Gros soleil. Les cellules principales grises dépassent à peine la hauteur des cônes (Voy. Pl. IX, fig. 8, *Pg.*[1]); elles sont larges et s'appliquent sur les cônes qu'elles couvrent en partie. Les deux cellules voisines entre deux cônes se sont confondues en une seule masse pigmentaire.

Les cellules de second ordre couvrent le tiers supérieur des rétinules et une partie des cônes ; le pigment rouge est principalement accumulé sur les cônes et à leur base (fig. 8, *Pg.*[2]). Sous l'influence du soleil il se disperse, s'étale entre les rétinules ; dans la partie postérieure des cellules, les granulations deviennent de plus en plus rares et le pigment se perd insensiblement, mais il monte aussi sur les cônes et couvre le quart inférieur de ces derniers ; les cellules grises sont en grande partie couvertes par du pigment rouge. Par suite de ce mouvement du pigment, les cellules pigmentaires n'ont pas de limites bien définies ; elles sont élargies, aplaties, ce qui est en général le caractère des cellules pigmentaires exposées au soleil.

Comparaison. Chez *Vanessa* nous voyons en somme que les yeux qui ont séjourné dans l'obscurité présentent tous les

éléments de l'œil très distinctement, tandis que sous l'influence du gros soleil les cellules pigmentaires s'élargissent, leur pigment se disperse beaucoup et elles perdent la forme qu'elles ont eue à l'obscurité : ces différences sont représentées sur les dessins (Pl. IX, fig. 7 et 8). Au soleil les granulations pigmentaires descendent jusqu'au tiers des rétinules, à l'obscurité elles s'arrêtent déjà au quart supérieur. De plus, sous l'influence du soleil les cônes se trouvent plus complètement noyés dans le pigment que ce n'est le cas à l'obscurité, car les cellules grises élargies s'approchent des cônes, et d'autre part les cellules rouges déplacent leur pigment l'accumulant sur la partie inférieure des cônes et sur les cellules principales. A l'obscurité, le pigment rouge trouve sa limite plus bas, vers la base des cônes.

Deilephila euphorbiae

Cette espèce possède relativement peu de pigment, car les trois quarts des rétinules en sont complètement dépourvues ; les cellules principales sont très peu développées, c'est pourquoi les cônes sont peu pigmentés et bien distincts dans les deux séries d'expériences. Les cellules de second ordre sont énormes, il y en a deux pour chaque rétinule ; elles s'étendent très en arrière, tandis que leurs extrémités supérieures reposent sur les cônes. A la base des rétinules, il y a encore des cellules de troisième ordre : elles sont très nombreuses, se resserrent bien autour des rétinules, mais ne montent qu'à une petite hauteur. Cette partie des rétinules qui se trouve entre les cellules de second et celles de troisième ordre est complètement dépourvue de pigment.

Influence de l'obscurité. Les grandes cellules pigmentaires brunes qui longent les rétinules s'arrêtent brusquement à la base des cônes en présentant dans cet endroit une épaisseur un peu plus grande que le reste des cellules ; de cet épais-

sissement, un fin filet part de chaque cellule et s'étend jusqu'aux extrémités des cônes. Cependant, il est souvent difficile de poursuivre le trajet de ces filets, car ils renferment très peu de pigment et se confondent avec la couleur jaunâtre des cônes. Les cellules de troisième ordre forment une raie compacte à la base des rétinules.

Gros soleil. Le changement de position se remarque seulement dans les cellules de second et de troisième ordre, car les cellules principales ne jouent aucun rôle. Les cellules de second ordre ne changent pas de position sur les rétinules, mais le pigment s'est porté davantage sur les cônes et les extrémités des cellules qui reposent sur les cônes sont devenues plus grosses et renferment plus de pigment ; la pigmentation est uniforme dans toute la longueur des cellules. Quant aux cellules de troisième ordre, elles se sont allongées et forment une raie brune, filamenteuse.

Comparaison. Chez cette espèce la différence dans la disposition histologique pigmentaire dans les deux expériences est peu considérable ; cependant j'ai remarqué un mouvement dans les cellules de second et de troisième ordre ; les premières s'arrêtent à l'obscurité brusquement à la base des cônes et envoient à leurs extrémités des filets très fins qui sont presque dépourvus de pigment ; sous l'influence du soleil, les mêmes filets deviennent plus gros et se gonflent de pigment brun. Les cellules de troisième ordre subissent aussi une influence du soleil, car elles montent et forment une raie noire presque deux fois plus large qu'à l'obscurité et le pigment est réparti en un réseau plus uniforme de filaments.

Macroglossa stellatorum

La structure de l'œil ressemble à celle de *Deilephila*, avec cette différence qu'il y a chez cette espèce moins de pigment à la partie antérieure de l'œil et davantage dans la partie

postérieure. A la partie antérieure de l'œil il y a de grosses cellules brunes qui commencent à la base des cônes et s'étendent jusqu'à la cornée. La rétinule présente deux parties distinctes : la partie antérieure est étirée en forme d'un filament et complètement dépourvue de pigment, la partie postérieure comprenant un tiers environ de la longueur totale est épaisse, cannelée. Cette dernière partie est couverte par de nombreuses cellules pigmentaires de troisième ordre. Ces cellules sont longues et très minces ; sur les coupes transversales, on voit que chaque rétinule est accompagnée par six de ces cellules, mais ces dernières font aussi partie du système des cellules pigmentaires des rétinules voisines ; elles sont donc mitoyennes. Ces cellules se trouvent en continuité avec le pigment qui colore la partie antérieure du ganglion optique.

Quant à l'influence de la lumière et de l'obscurité, mes résultats sont peu satisfaisants, car mes coupes laissent à désirer. Malgré plusieurs essais, malgré l'emploi du collodion, je n'ai pu obtenir des préparations aussi satisfaisantes que pour les autres insectes à cause de la fragilité des coupes. Cependant je crois avoir remarqué que les cellules qui entourent les cônes s'élargissent au soleil et couvrent davantage ces derniers, tandis qu'à l'obscurité ces cellules sont plus minces et se retirent des deux côtés des cônes. Quant aux cellules de troisième ordre, elles présentent aussi un mouvement, car au soleil elles s'allongent et couvrent une plus grande partie de la rétinule épaissie que ce n'est le cas à l'obscurité.

Coléoptères.

Carabus auratus

Obscurité. Les cônes sont complètement dépourvus de

pigment dans toute leur longueur, et c'est pourquoi ils ressortent avec une grande netteté. Le pigment noir s'est amassé à la base des cônes, surtout sur la moitié supérieure des rétinules et forme une large bande dans laquelle on distingue facilement deux parties. La moitié supérieure est plus compacte et plus foncée, car le pigment s'est accumulé davantage à la base des cônes et envoie entre ces derniers de rares granulations. Cette accumulation commence brusquement, puis elle s'arrête tout aussi brusquement sur les extrémités antérieures des rétinules. La moitié inférieure de cette bande transversale se distingue par une plus faible accumulation de pigment et ce dernier est disposé en filets longitudinaux suivant la direction des rétinules. Dans la partie postérieure de ces dernières se trouvent les cellules de troisième ordre; ce sont de grandes cellules noires allongées avec les extrémités arrondies qui s'appliquent immédiatement sur les rétinules. On peut voir très facilement les contours de chaque cellule, car elles sont séparées les unes des autres par des espaces clairs.

Soleil. La moitié inférieure des cônes est couverte d'un pigment brun noir assez épais et la moitié supérieure est voilée d'une légère couche de pigment finement granuleux ; chez un individu j'ai même trouvé les cônes couverts en entier d'une couche plus épaisse de pigment. Ce mouvement des cellules vers la cornée empêche de voir avec netteté la forme des cônes. Mais l'influence d'une forte lumière se montre aussi dans la disposition du pigment sur les rétinules : le pigment s'est porté au fond de l'œil, il couvre entièrement les rétinules et arrive jusqu'aux cellules de troisième ordre. Il présente une légère accumulation à la base des cônes, puis une région où le pigment est régulièrement dispersé en filets longitudinaux et enfin une légère diminution au voisinage des cellules de troisième ordre.

Comparaison. Le mouvement des cellules pigmentaires se

montre chez *Carabus* avec une grande netteté. A l'obscurité nous voyons que les cônes sont presque dépourvus de pigment, tandis que sous l'influence du soleil les cellules brunes montent et nous voyons alors que la moitié inférieure des cônes est couverte d'une couche épaisse de pigment et leur moitié supérieure d'une couche légère.

La différence dans la disposition histologique du pigment se montre aussi sur les rétinules. A l'obscurité nous voyons le pigment se concentrer surtout sur leurs moitiés supérieures et se disposer irrégulièrement ; au soleil les cellules s'allongent beaucoup, de sorte que les rétinules sont pigmentées dans toute leur longueur et leur pigment arrive au contact de celui des cellules de troisième ordre, se répartissant plus uniformément. On peut comparer cette large bande de pigment à un rideau qui est relevé à l'obscurité et présente alors des festons, tandis qu'il est baissé sous l'influence du soleil. Je n'ai pas remarqué de changements dans la disposition des cellules de troisième ordre.

Rhizotrogus solstitialis

La structure de l'œil chez cette espèce présente beaucoup de ressemblance avec celle de *Carabus ;* les différences sont d'ordre secondaire. Le pigment est aussi abondant et s'accumule en deux endroits, à la partie antérieure de l'œil et dans sa partie postérieure. Entre les deux accumulations, les rétinules sont complètement incolores.

Obscurité. Sur les cônes, le pigment est réparti très inégalement. Ainsi, des deux côtés de chaque cône, il y a une forte accumulation de pigment formant deux épais et larges bourrelets qui couvrent en partie le cône ; la partie médiane de ce dernier est bien visible, car on y voit de fins prolongements et des granulations isolées. C'est à la base des cônes que le pigment se trouve principalement accumulé(Voy. Pl. IX,

fig. 9. *Pg.*) ; il forme une raie continue très épaisse constituée par des amas irréguliers. Cette raie s'arrête brusquement sur les extrémités antérieures des rétinules et en cet endroit l'on voit émerger du pigment les rétinules complètement incolores ; sur plusieurs préparations on voit même leurs noyaux (fig. 9 *n. Rl.*). Quant à la raie interne, formée par des cellules pigmentaires de troisième ordre, j'ai observé qu'à l'obscurité toute cette masse noire est divisée en filets longitudinaux qui descendent jusqu'au ganglion optique.

Gros soleil. Les cellules pigmentaires dans la partie antérieure de l'œil forment une raie noire qui couvre environ le tiers de la longueur totale des rétinules. Le pigment forme une couche peu épaisse (Voy. Pl. IX, fig. 10, *Pg.*) ; il est disposé en filets longitudinaux qui se dirigent vers les cônes et deviennent de plus en plus fins ; ils arrivent jusqu'à la cornée et enveloppent les cônes d'une fine poussière de granulations. Dans la moitié postérieure de la raie pigmentaire, il y a une accumulation plus forte de pigment et elle se termine enfin par de longues franges épaisses. Le pigment de ces franges est plus grossier que celui qui accompagne les cônes ; on voit très nettement ses granules arrondis. En général les granulations sont dispersées sur les rétinules et entre elles. Le pigment supérieur n'arrive pas en contact avec celui des cellules de troisième ordre, de sorte que même à la lumière la partie médiane des rétinules se montre dépourvue de pigment. Les cellules de troisième ordre présentent dans la plupart des cas une masse homogène qui est plus compacte près du ganglion nerveux.

Comparaison. Les changements histologiques que produit la lumière chez *Rhizotrogus* sont à peu près les mêmes que chez *Carabus*. Le pigment supérieur occupe à l'obscurité un espace deux fois moins large qu'au soleil ; les cellules pigmentaires en se raccourcissant ont formé une raie très épaisse (fig. 9) dans laquelle on ne distingue pas les contours des cellules. Au soleil

c'est tout le contraire ; les cellules s'allongent, le pigment est dispersé en couche beaucoup plus mince (fig. 10) et l'on peut distinguer à présent les cellules isolées. Sous l'influence du soleil, le pigment est réparti très uniformément sur les cônes et les couvre de granulations très fines disposées en filets. A l'obscurité ces fins filaments pigmentaires manquent et le pigment forme de grosses accumulations irrégulières.

Hyménoptères.

Osmia aurolenta

Chez cette espèce on remarque très bien le mouvement des cellules pigmentaires, car elles sont de deux couleurs : les cellules principales sont colorées en jaune, celles de second ordre en brun. Ces dernières forment une couche épaisse sur les cônes dont elles couvrent la plus grande partie. Les cellules jaunes sont cachées par les cellules brunes et l'on ne voit que leurs extrémités antérieures qui atteignent la cornée où elles forment une raie transversale jaune. Les rétinules sont couvertes dans toute leur longueur par des granulations pigmentaires brunes.

Obscurité. Les cônes sont couverts par les deux sortes de pigment qui sont disposés de la manière suivante : à la partie antérieure de l'œil on voit une raie transversale jaune, étroite (Voy. Pl. IX, fig. 11, *Pg.*[1]), derrière laquelle on trouve une très large raie brune (*Pg.*[2]) ; les rétinules (*Rl.*) sont uniformément couvertes de pigment brun, en apparence plus clair que celui des cônes, parce qu'il est disposé en couche plus mince.

La raie jaune-clair couvre la partie antérieure des cônes (*C.*) ; elle est formée par les extrémités supérieures des cellules de premier ordre dont les contours sont bien délimités.

Ces extrémités se rangent principalement des deux côtés des cônes et l'on peut distinguer ces derniers à travers la mince couche de pigment jaune dont ils sont couverts. Cette raie jaune est parfaitement pure et sans mélange de granulations brunes. Derrière la raie jaune commence brusquement et sans transition la raie brune presque noire. Elle est formée par une épaisse couche de pigment qui se loge principalement des deux côtés des cônes. Mais chez *Osmia* il est trop abondant pour trouver place dans ces interstices et cache en partie les cônes mêmes dont la moitié inférieure est complètement enfoncée dans cette masse pigmentaire. La raie brune s'arrête sur les extrémités antérieures des rétinules, tout aussi brusquement qu'elle le fait à la partie antérieure des cônes; il en résulte que chaque raie pigmentaire forme une bande transversale à limites très tranchées. La pigmentation des rétinules est uniforme.

Gros soleil. Sous l'influence du soleil, la limite entre les deux espèces de pigment disparaît, car le pigment brun monte vers la cornée et couvre en grande partie le pigment jaune (voy. Pl. IX, fig. 12, $Pg.^1$); il n'en reste qu'un petit rebord près de la cornée et encore est-il mélangé de granulations brunes. Les cellules brunes (fig. 12, $Pg.^2$) présentent un mouvement non seulement vers la cornée, mais aussi dans le sens opposé vers les rétinules; elles couvrent presque complètement les cônes et jamais on ne voit distinctement les contours de ces derniers. Les filets des granulations brunes en s'allongeant descendent sur les rétinules et se perdent insensiblement dans le pigment de ces dernières, d'où il résulte que la raie de pigment brun est très large et que ses deux limites ne sont pas nettement accentuées, car sur les extrémités postérieures des cônes, le pigment brun de la raie se confond insensiblement avec celui des rétinules. La partie médiane des cellules de second ordre est la plus foncée, tandis que les parties antérieure et postérieure sont

plus claires. La pigmentation des rétinules est inégale : le pigment est plus accentué sur leur partie antérieure pour diminuer peu à peu vers la partie postérieure.

Comparaison. Chez *Osmia* comme chez d'autres Insectes, l'influence de la lumière consiste à faire étaler le pigment, à lui faire occuper un espace plus grand que dans les yeux préparés à l'obscurité ; en même temps il paraît moins foncé. Dans les yeux exposés à l'obscurité, nous voyons que la raie jaune est plus large (fig. 11 *Pg.*[1]) qu'elle ne l'est au gros soleil, car les cellules brunes descendent plus bas et laissent à découvert une partie des cellules jaunes ; au soleil c'est l'inverse : les cellules brunes (fig. 12 *Pg.*[2]) montent jusqu'à la cornée et leurs granulations se mêlent à celles des cellules principales.

A l'obscurité la raie brune est plus étroite qu'au soleil, car sa limite postérieure s'arrête déjà à la base des cônes, tandis qu'au soleil le pigment brun de cette raie dépasse la base des cônes et descend sur les rétinules où il se confond insensiblement avec le pigment de ces dernières. Par suite de ce mouvement des granulations pigmentaires, la raie brune perd au soleil ses limites distinctes, tandis qu'à l'obscurité elles ressortent d'une manière très nette.

XYLOCOPA VIOLACEA

Influence de l'obscurité. Dans la série des coupes d'yeux de Xylocopes tenus à l'abri de la lumière, il est facile de voir les cônes bien distinctement, car ils sont très souvent dégarnis de pigment ou bien ne sont couverts que d'une légère couche à travers laquelle on distingue leur forme. Les prolongements des cellules principales sont marqués comme des lignes presque noires, tellement ils sont enveloppés de pigment ; ces prolongements, en se rétrécissant, laissent souvent un petit espace vide entre le cône et la ligne noire. La base

des cônes est toujours un peu chargée de pigment. Sur les coupes très minces, on voit les deux noyaux des cellules principales à la base de chaque cône. Les extrémités supérieures des rétinules sont peu chargées de pigment.

Gros soleil. L'influence de la lumière se montre, ici comme chez l'Abeille, surtout à la partie antérieure de l'œil. Les cônes sont si complètement enveloppés par le pigment qu'on ne peut pas voir leur forme ; parfois, mais rarement, la partie supérieure est un peu moins fortement garnie, mais la partie inférieure est toujours couverte entièrement de pigment. On ne voit jamais les noyaux des cellules pigmentaires de premier ordre, mais dans l'endroit où ils se trouvent on voit une large bande foncée, car le pigment s'y est beaucoup accumulé. Les prolongements des cellules pigmentaires sur les cônes ne sont pas bien distincts, car sous l'influence de la lumière le pigment s'est disséminé largement et couvre les cônes. Les extrémités antérieures des rétinules sont très chargées de pigment.

Comparaison. Les différents éléments histologiques sont beaucoup plus distincts sous l'influence de l'obscurité, car dans ce cas les cellules pigmentaires sont plus contractées, leur pigment est moins répandu et par suite les cônes et les rétinules sont plus à découvert que ce n'est le cas au soleil. Sous l'influence du soleil, les cellules pigmentaires s'abaissent sur les rétinules et c'est par suite de cette circonstance que les extrémités de ces dernières sont plus fortement chargées de pigment qu'à l'obscurité.

Bombus lapidarius

Obscurité. On peut reconnaître les éléments histologiques dans la partie antérieure de l'œil. Les cellules pigmentaires principales forment, des deux côtés des cônes, des bourrelets bien gonflés et fortement pigmentés, presque noirs ; ces

bourrelets s'étendent jusqu'à la cornée. A la base des cônes, dans le voisinage des noyaux des cellules principales, le pigment s'est amassé plus que partout ailleurs et forme une bande étroite, noire, bien définie du reste de la large couche pigmentaire ; en arrière de la petite bande noire, le pigment s'arrête brusquement sur les rétinules. Les cônes ne sont pas complètement découverts à la partie antérieure ; il reste sur eux une fine couche de pigment, à travers laquelle on voit la surface des cônes. Les extrémités antérieures des rétinules sont plus pigmentées que le reste.

Pleine lumière. La lumière provoque visiblement un mouvement des cellules pigmentaires. Les cônes sont presque entièrement et uniformément couverts de pigment brun ; on ne voit ni la forme des cônes, ni celle des cellules pigmentaires et souvent on ne saurait dire où est la limite entre deux cônes, tellement le pigment s'est étalé uniformément. Cette large couche de pigment qui couvre toute la partie antérieure de l'œil se perd insensiblement aux extrémités postérieures des cônes en se confondant avec le pigment des rétinules. Les extrémités antérieures des rétinules sont plus pigmentées que le reste de leur longueur.

Comparaison. Dans la série de préparations relatives à l'obscurité nous voyons que les cellules pigmentaires principales sont bien distinctes, placées des deux côtés des cônes et fortement chargées de pigment ; entre deux cellules principales, on voit la surface du cône légèrement couverte par le pigment. Sous l'influence de la lumière ces cellules changent de position ; elles s'élargissent, leur pigment se disperse sur les cônes, de telle sorte que ces derniers sont couverts par une couche pigmentaire uniforme. Il n'y a pas d'accumulation noire de pigment comme à l'obscurité. On ne peut distinguer ni les contours des cônes, ni ceux des cellules, tout est confondu.

En outre, sous l'influence de la lumière, les granulations

pigmentaires supérieures descendent plus bas sur les rétinules que ce n'est le cas à l'obscurité ; il en résulte qu'à la lumière il se forme sur ces extrémités une raie foncée plus large.

En même temps le pigment est disposé plus régulièrement en filets longitudinaux.

Apis mellifica

Obscurité. La partie antérieure des cônes est couverte d'une légère couche de granulations pigmentaires très fines et leur partie postérieure est aussi peu chargée de pigment que la région antérieure ; en sorte que souvent on peut voir fort bien la forme des cônes dans toute leur longueur. Les cellules pigmentaires principales se sont retirées des deux côtés des cônes dont on peut apercevoir les faces latérales ; ces cellules sont terminées par de minces filets qui vont jusqu'à la cornée, mais leur moitié inférieure est d'autant plus épaisse et gonflée. Les rétinules sont couvertes de pigment dans toute leur longueur ; les extrémités antérieures sont plus chargées que le reste, et le pigment s'amasse des deux côtés des rétinules.

Gros soleil. Les cônes ne sont pas distinctement visibles, car ils sont presque complètement chargés de pigment à la partie inférieure ; le pigment se trouve aussi sur leurs moitiés supérieures, mais moins accumulé et laissant voir cette partie des cônes plus distinctement que le reste. Les grandes cellules principales sont allongées, leurs extrémités sont effilées et s'appliquent sur la cornée ; ces cellules se pressent contre les cônes et les couvrent en partie. La partie antérieure des rétinules est plus chargée de pigment que la partie postérieure.

Comparaison. L'influence de la lumière se montre chez *Apis* par ce fait que les cellules pigmentaires montent vers

la cornée plus que ce n'est le cas à l'obscurité et couvrent les cônes de manière à rendre leur forme moins appréciable que dans ce dernier cas. A l'abri de la lumière, les cellules principales sont placées des deux côtés des cônes comme deux bourrelets noirs dont la partie inférieure est plus grosse et plus gonflée que la partie supérieure. Au soleil, par contre, on ne voit pas bien leur forme, car elles s'élargissent, s'aplatissent et s'appliquent sur les cônes, et leur épaisseur devient la même partout, sauf les extrémités pointues qui atteignent la cornée. La lumière exerce aussi une influence sur la répartition du pigment sur les rétinules, car dans les yeux exposés au soleil, si les extrémités antérieures des rétinules se montrent plus chargées de pigment que l'ensemble de ces organes, le pigment s'étend uniformément sur leur pourtour, tandis qu'à l'obscurité la même accumulation de pigment sur les extrémités des rétinules se distingue, parce que la matière colorante est disposée principalement sur les côtés.

Vespa diadema

Obscurité. On voit les cônes bien distinctement et leur partie supérieure est souvent complètement dégagée de pigment, en sorte que la surface des cônes se montre uniforme et claire. Par contre les cellules pigmentaires sont presque noires, tellement elles sont chargées de pigment, ce qui n'empêche cependant pas de voir encore assez distinctement les noyaux. La moitié inférieure des cônes est un peu chargée de pigment. Les prolongements foncés des cellules pigmentaires ne montent pas jusqu'au sommet des cônes. Les extrémités antérieures des rétinules sont plus pigmentées que le reste, mais on ne peut pas distinguer les prolongements cellulaires dans cette partie de l'œil.

Pleine lumière. Le genre *Vespa* m'a donné la confirmation de mes observations faites sur les Hyménoptères précédents,

c'est-à-dire que les cônes s'enveloppent de pigment à tel point qu'on les aperçoit à peine ; le pigment se répartit uniformément et les cellules pigmentaires paraissent pâles, leur pigment s'étant étendu sur une grande surface. Je crois aussi avoir remarqué que les prolongements des cellules pigmentaires montent davantage vers la cornée. Les noyaux cellulaires sont peu distincts. Les extrémités antérieures des rétinules sont plus pigmentées que le reste et l'on peut fort bien reconnaître que les cellules pigmentaires qui se trouvent sur les cônes envoient leurs prolongements sur les rétinules.

Comparaison. La différence quant à la disposition histologique du pigment entre les deux expériences est la même que chez *Xylocopa*, c'est-à-dire que sous l'influence de l'obscurité les cellules pigmentaires sont contractées, fortement chargées de pigment, se retirent sur les côtés des cônes et les laisssent à découvert. Sous l'influence de la lumière les cellules s'élargissent, leur pigment se répand sur les cônes et les couvre de granulations, en même temps que les cellules deviennent plus pâles. Au soleil les cellules pigmentaires qui se trouvent sur les cônes s'allongent et descendent plus bas sur les rétinules et l'on distingue leurs prolongements isolés, ce qui n'est pas le cas à l'obscurité.

Chez les Hyménoptères la disposition du pigment sur les rétinules présente peu de différences dans les deux séries d'expériences. Le contraste s'adresse plutôt à la région des cônes.

Arachnides.

Phalangium opilio

L'influence du soleil et de l'obscurité est bien évidente dans le mouvement et la disposition du pigment qui entoure

la rétine ; je ne parle pas des cellules pigmentaires qui entourent le corps vitré, car elles constituent une agglomération si sombre et si épaisse qu'il n'est pas possible d'y distinguer quelque mouvement.

Chez *Phalangium*, ce sont les cellules de la rétine elle-même qui portent le pigment et, sauf les cellules qui entourent le corps vitré, il n'y a pas de cellules pigmentaires spéciales.

Obscurité. A l'obscurité, le pigment rétinien est disposé en trois régions (Voy. Pl. IX, fig, 13) : sur les bâtonnets rétiniens on voit une couche foncée, disposée en stries longitudinales très serrées avec lesquelles alternent les espaces plus clairs ; les extrémités postérieures de ces stries sont plus épaisses et renferment plus de pigment que les extrémités antérieures, conséquemment elles sont plus foncées et se confondent plus que les extrémités antérieures qui sont très distinctes. Le pigment qui se trouve sur les bâtonnets forme une raie transversale très foncée. Immédiatement au-dessous de cette dernière se trouve une raie pigmentaire beaucoup plus claire. Ici aussi l'on peut remarquer que le pigment est disposé en stries longitudinales, quoique moins nettement. Enfin sous cette seconde couche de pigment on voit la troisième presque aussi foncée que celle des bâtonnets, mais beaucoup plus large. La disposition du pigment est encore celle en gros filaments longitudinaux dont les extrémités inférieures se dispersent en granulations clairsemées. Le fond de la rétine est presque dépourvu de pigment et l'on n'y voit que de rares granulations.

Gros soleil. Le pigment de la rétine est disposé en deux régions (Voy. Pl. IX, fig. 14) : on voit d'abord autour des bâtonnets rétiniens une couche très foncée dont le pigment est disposé en filaments longitudinaux. Immédiatement derrière cette couche toute la rétine apparaît colorée uniformément jusqu'au fond même et l'on voit nettement que ces gra-

nulations pigmentaires ont rempli toute la rétine, de sorte que le pigment de deux rétines voisines en est venu à se toucher et à se confondre. Les granulations du pigment rétinien sont fines, irrégulières, de couleur brune; elles sont disposées en très fins filaments longitudinaux qui forment une sorte de frange.

Comparaison. Si nous comparons les deux dessins (fig. 13 et fig. 14) de l'œil de *Phalangium* qui représentent les dispositions histologiques des deux expériences, nous voyons que la différence de disposition est très grande. En effet à l'obscurité le pigment rétinien se montre disposé en trois régions distinctes, bien séparées l'une de l'autre par l'interposition d'une raie claire peu pigmentée entre les régions supérieure et inférieure. Au gros soleil il n'y a que deux régions pigmentaires, la supérieure qui se trouve sur les bâtonnets rétiniens correspond à la raie supérieure de l'obscurité. Au-dessous de cette raie foncée nous voyons qu'au soleil tout le pigment s'est disposé en filaments extrêmement ténus qui couvrent à peu près uniformément toute la rétine jusqu'au fond. A l'obscurité l'aspect change beaucoup, le pigment de la région inférieure occupe un espace beaucoup moins large, mais il est très accumulé dans la partie moyenne de la rétine, et il est disposé en gros filaments droits. Il y a un brusque passage entre cette accumulation du pigment et le fond de la rétine presque dépourvue de pigment.

J'ai examiné aussi les yeux de *Tegenaria domestica*, d'*Epeira diadema* et d'*Epeira cucurbitina*, mais malheureusement je ne suis pas arrivée à des résultats bien concluants et cela pour les motifs mentionnés plus haut.

IV. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

De toutes les expériences précédentes il résulte : Que la lumière et l'obscurité exercent une influence sur la disposition histologique du pigment dans les yeux des Arthropodes.

Que cette influence se traduit par le mouvement des cellules pigmentaires et des granulations pigmentaires.

La disposition histologique change suivant que l'animal s'est trouvé exposé à la pleine lumière ou à l'obscurité complète.

Les caractères généraux de la disposition anatomique du pigment sous l'influence de l'obscurité complète sont les suivants : Le pigment n'est pas réparti uniformément ; il présente de grands amas très compacts surtout à la base des cônes ; c'est pourquoi l'on voit en général dans cet endroit une large raie foncée de pigment accumulé. Les cellules pigmentaires sont plus contractées et par ce fait même elles sont plus distinctes. De plus elles recouvrent une moindre quantité d'éléments de l'œil (rétinules, cônes) et ces derniers sont plus distincts qu'après exposition à la lumière. Les prolongements cellulaires pigmentaires qui descendent le long des rétinules sont plus ramassés ; ils se logent des deux côtés des rétinules et en dessinent nettement les contours. En général, tous les éléments de l'œil exposé à l'obscurité ressortent beaucoup mieux et cela à tel point que j'ai commencé toujours l'étude d'une nouvelle espèce par la série de l'obscurité.

Les caractères généraux de la disposition anatomique du pigment sous l'influence de la pleine lumière ou du gros

soleil sont les suivants ; Le pigment est réparti beaucoup plus uniformément que ce n'est le cas à l'obscurité ; il présente rarement des amas localisés. Les cellules pigmentaires s'allongent dans les deux directions : vers la cornée et vers les rétinules. Ces mouvements sont quelquefois très accentués. La conséquence de ce mouvement est que les éléments réfracteurs et sensitifs de l'œil sont moins distinctement visibles qu'à l'obscurité ; les contours des cellules pigmentaires sont aussi moins distincts, car les cellules s'étalent et s'aplatissent davantage. Leur pigment semble être plus pâle, car il s'est répandu sur une plus grande surface. Les granulations pigmentaires semblent souvent plus fines qu'à l'obscurité, ce qui tient sans doute à leur état de dispersion.

Quelques Insectes, sous l'influence d'une forte lumière, présentent ce phénomène curieux que le pigment se change en gouttelettes d'apparence graisseuse, dont la grandeur et la disposition varient beaucoup dans un même œil et paraissent n'avoir rien de régulier ; ces gouttelettes sont réunies entre elles par des filets très fins et granuleux. Il serait intéressant de savoir jusqu'à quel point ce fait est répandu chez les Insectes. Je l'ai trouvé chez *Eristalis* parmi les Diptères et chez *Libellula* et *Stenobothrus* parmi les Orthoptères.

L'influence d'une forte lumière et de l'obscurité ne se manifeste pas au même degré chez tous les Insectes. Chez les uns les changements sont à peine appréciables, chez les autres ils sont fort accentués ; malheureusement je n'ai pas eu le temps de réunir des données qui me permettent de fixer les lois de ces différences, parce que j'ai dû en première ligne diriger mes études sur la constatation du fait en lui-même. J'ai remarqué seulement qu'il peut y avoir dans un groupe des espèces dont les éléments pigmentaires sont plus influencés par la lumière que chez d'autres espèces du même groupe.

Le pigment ne présente point de changement de coloration

sous l'influence de la lumière directe, car l'on ne saurait considérer comme un changement de couleur la teinte plus claire que prend le pigment, lorsque ses granulations se dispersent sur une surface plus grande ou la masse plus foncée que produit leur accumulation sur une surface plus petite.

Considérant que le pigment est universellement répandu dans les organes de la vision chez les animaux, considérant qu'il fait partie de ces organes, même quand ils sont réduits à la plus grande simplicité, puisque les yeux les plus rudimentaires se montrent sous la forme de simples taches pigmentaires et que les yeux les plus hautement organisés en sont abondamment pourvus, nous pourrons déduire de ce fait général que le pigment joue un rôle de première importance dans la physiologie de la vision. Nous savons que l'œil des Vertébrés possède la faculté d'adapter la disposition de son pigment à la quantité de lumière qui le frappe et nous venons d'établir que cette adaptation se retrouve chez un œil construit sur un type complètement différent du premier, celui des Arthropodes. Nous ne serions dès lors pas étonnés d'apprendre que cette faculté d'adaptation par un mouvement du pigment existe aussi chez d'autres types d'animaux.

THÈSES

La lumière et l'obscurité exercent une influence sur la disposition anatomique du pigment dans les yeux des Arthropodes et cette influence se traduit par des changements de forme et de position des cellules pigmentaires.

Dans les yeux qui ont séjourné à l'obscurité, le pigment est réparti également, il présente par places des amas très compacts. Les cellules pigmentaires sont contractées et par ce fait même elles sont plus distinctes ; les granulations pigmentaires sont localisées, les différents éléments de l'œil apparaissent plus nettement.

Sous l'influence de la lumière directe, les cellules pigmentaires dans la partie antérieure de l'œil présentent un mouvement dans deux directions : elles s'allongent vers la cornée et vers les rétinules ; leur pigment se répartit uniformément, les amas compacts disparaissent, les granulations pigmentaires se dispersent sur toutes les parties de l'œil et les couvrent d'une couche plus fine qu'à l'obscurité. Les éléments réfracteurs et sensitifs de l'œil sont peu distincts.

Les cellules pigmentaires des animaux supérieurs sont, dans la majorité des cas et peut-être dans tous, douées de mouvements amiboïdes très actifs et très étendus (cellules du derme de la Grenouille, des Mollusques, Arthropodes, etc.).

L'absence de muscles dans l'œil des Arthropodes n'est pas une preuve que cet œil soit dépourvu de toute faculté d'accommodation. Outre l'adaptation à la quantité de lumière, il pourrait y avoir accommodation véritable des rétinules et cela par des mouvements amiboïdes analogues à ceux des cônes de la rétine de la Grenouille. Si cette opinion n'est fondée sur aucune observation positive l'on ne saurait non plus citer un fait qui autorise à la repousser à priori.

PLANCHE VIII

Les dessins sont faits à la chambre claire. Lentilles de Seibert. Obj. V, Oc. II.

Explication des figures.

Fig. 1. La partie antérieure de trois yeux isolés d'un œil à facettes de *Libellula cancellata* exposée à l'*obscurité* pendant 7 heures. Le diamètre d'une rétinule est de 0,030^{mm}.

n. Noyaux de Semper.
Pg.^{1} Cellules pigmentaires de premier ordre, cellules principales.
Pg.^{2} Cellules pigmentaires de second ordre.
Pg. Accumulation pigmentaire.
p.Pg. Prolongements des cellules pigmentaires, disposés en réseau.
Rl. Rétinule.

Fig. 2. Les yeux de la même espèce exposée à l'influence du *gros soleil* pendant 1 heure. Le pigment s'est changé en gouttelettes.

gg. Gouttelettes graisseuses.
N.^{1} Noyaux d'une cellule principale.

La signification des autres lettres comme pour la figure précédente.

Fig. 3. La partie antérieure de trois yeux isolés d'un œil à facettes de *Hydropsyche ornatula*, exposée à l'*obscurité* pendant 10 heures. Le diamètre d'une rétinule est de 0,010^{mm}.

n. Noyaux de Semper.
C. Cône cristallin.
Pg.^{1} Cellules pigmentaires de premier ordre.
Pg.^{2} Cellules pigmentaires de second ordre.
Rl. Rétinule.

Fig. 4. Les yeux de la même espèce exposée au *gros soleil* pendant 2 heures.

Fig. 5. La partie antérieure de deux yeux isolés d'un œil à facettes de *Eristalis tenax*, exposée à l'*obscurité* pendant 6 heures. Le diamètre d'une rétinule est de 0,016^{mm}.

Ps.C. Pseudocône.
Pg.^{1} Cellules pigmentaires de premier ordre.
Pg.^{2} Cellules pigmentaires de second ordre.
p.Pg. Prolongements pigmentaires.
Rl. Rétinule.
Bt. Bâtonnets rétiniens.

Fig. 6. La partie antérieure de deux yeux isolés d'un œil à facettes de la même espèce, exposée au *gros soleil* pendant 1 heure. Le pigment s'est changé en gouttelettes énormes *gg.*, à travers lesquelles on voit apparaître les cellules cristallines *C.cr.*

Fig. 7. La partie antérieure de deux yeux isolés d'un œil à facettes de *Vanessa urticæ*, exposée à l'*obscurité* pendant 6 heures. Le diamètre d'une rétinule est de 0,010^{mm}.

Pg.^{1} Cellules pigmentaires de premier ordre.
n. Noyau de Semper.
C. Cône cristallin.
Pg.^{2} Cellules pigmentaires de second ordre.

Fig. 8. Yeux de la même espèce, exposée au *gros soleil* pendant 1 heure.

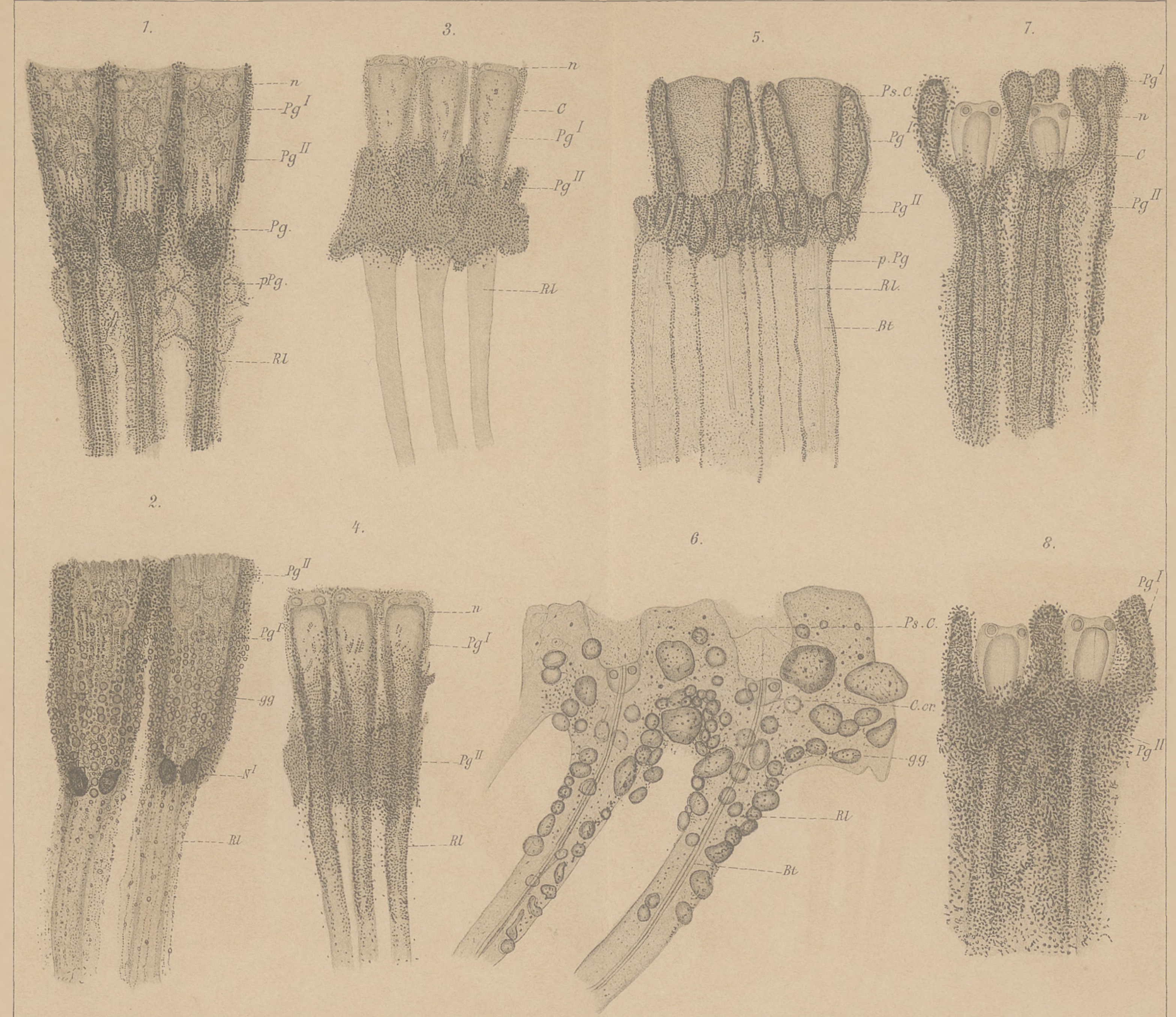

1.
n
Pg I
Pg II
Pg.
pPg.
Rl
3.
n
C
Pg I
Pg II
Rl
5.
Ps. C.
Pg I
Pg II
p. Pg
Rl.
Bt
7.
Pg I
n
C
Pg II
2.
Pg II
Pg I
gg
N I
Rl
4.
n
Pg I
Pg II
Rl
6.
Ps. C.
C. cr.
g.g.
Rl
Bt
8.
Pg I
Pg II

PLANCHE IX

Explication des figures.

Fig. 9. La partie antérieure de trois yeux isolés d'un œil à facettes de *Rhizotrogus solstitialis*, exposé à l'*obscurité* pendant 10 heures. Le diamètre d'une rétinule est de 0,016^{mm}.

L. Lentille cornéenne, cornéule.
C. Cône cristallin.
Pg. Cellules pigmentaires.
n.Rl. Noyaux rétiniens.
Rl. Rétinule

Fig. 10. Les yeux de la même espèce exposée au *gros soleil* pendant 2 heures. Mouvement pigmentaire très accusé; la partie antérieure des rétinules cachée sous le pigment.

Fig. 11. La partie antérieure de trois yeux isolés d'un œil à facettes de *Osmia aurolenta*, exposée à l'*obscurité* pendant 10 heures. Le diamètre d'une rétinule est de 0,013^{mm}.

Pg^1. Cellules pigmentaires de premier ordre.
Pg^2. Cellules pigmentaires de second ordre.
Rl. Rétinule.

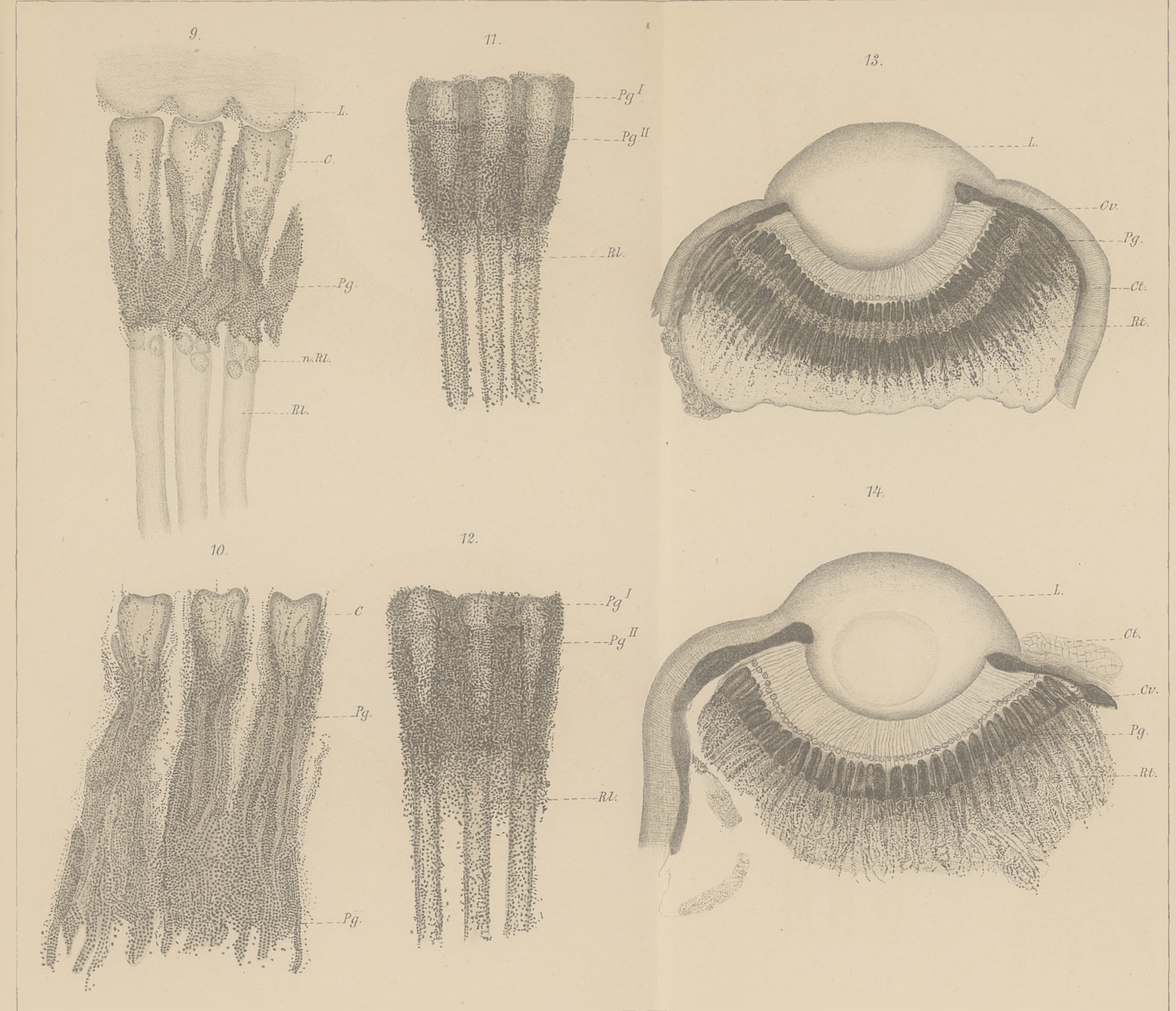
Fig. 12. Les yeux de la même espèce, exposée au *gros soleil* pendant 6 heures.

Fig. 13. Coupe longitudinale d'un œil de *Phalangium opilio*, exposé à l'*obscurité* pendant 10 heures. Le diamètre de la rétine est de 0,363^{mm}.

L. Lentille cornéenne.
Cv. Corps vitreux.
Pg. Pigment.
Ct. Cuticule extérieure.
Rt. Rétine.

Fig. 14. Coupe horizontale d'un œil de la même espèce, exposée au *gros soleil* pendant 2 heures. La signification des lettres comme dans le dessin précédent.





M. Stephanowska ad nat. del.

Lith. Anst v. F. A. Funke, Leipzig.

